

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

# ⑫ Offenlegungsschrift ⑩ DE 101 01 802 A 1

⑲ Aktenzeichen: 101 01 802.9  
⑳ Anmeldetag: 17. 1. 2001  
㉑ Offenlegungstag: 18. 7. 2002

⑤ Int. Cl. 7:  
**F 16 K 31/02**  
F 15 B 13/044  
F 02 M 47/00  
H 02 N 2/04

DE 101 01 802 A 1

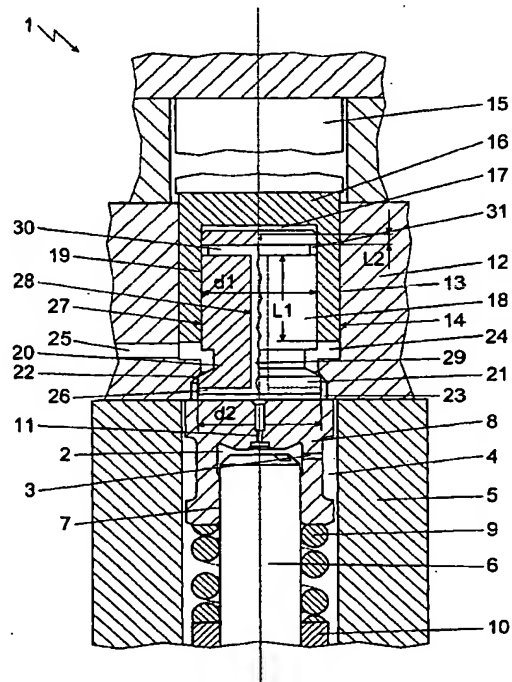
⑦1 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:  
Stoecklein, Wolfgang, 70176 Stuttgart, DE;  
Schmieder, Dietmar, 71706 Markgröningen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Ventil zum Steuern von Flüssigkeiten

⑤7 Es wird ein Ventil zum Steuern von Flüssigkeiten, mit einer insbesondere piezoelektrischen Aktor-Einheit (15) zur Betätigung eines in einer Bohrung (13) eines Ventilkörpers (12) verschiebbaren Ventiltglieds (14) vorgeschlagen, welches wenigstens einen Stellkolben (16) sowie wenigstens einen Betätigungskolben (18) aufweist, der zur Betätigung eines Ventilschließglieds (21) dient, das mit mindestens einem an dem Ventilkörper (12) ausgebildeten Ventilsitz (22) zusammenwirkt, wobei zwischen dem Stellkolben (16) und dem Betätigungskolben (18) eine Hydraulikkammer (17) angeordnet ist. Zur Verringerung der Baugröße des Ventils und zur Erleichterung der Montage weist der Stellkolben (16) eine Sackbohrung (19) auf, in der der Betätigungskolben (18) die Hydraulikkammer (17) begrenzend und verschiebbar gelagert ist, und sind der Betätigungskolben (18) und das Ventilschließglied (21) einstückig gefertigt (Figur).



DE 101 01 802 A 1

[0001] Die Erfindung geht von einem Ventil zum Steuern von Flüssigkeiten gemäß der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 näher definierten Art aus.

[0002] Aus der EP 0 477 400 A1 ist ein Ventil, welches über einen piezoelektrischen Aktor betätigbar ist, bereits bekannt. Bei diesem Ventil wird die Auslenkung des piezoelektrischen Aktors mittels einer Hydraulikkammer auf ein Ventilschließglied übertragen. Die Hydraulikkammer, welche hier als eine sogenannte hydraulische Übersetzung arbeitet, schließt zwischen zwei sie begrenzenden Kolben, von denen einer als Betätigungskolben mit einem kleineren Durchmesser ausgebildet ist und mit einem anzusteuernenden Ventilschließglied verbunden ist und der andere Kolben als Stellkolben mit einem größeren Durchmesser ausgebildet ist und mit dem piezoelektrischen Aktor verbunden ist, ein gemeinsames Ausgleichsvolumen ein. Über dieses können Toleranzen aufgrund von Temperaturgradienten im Bauteil sowie eventuelle Setzeffekte ausgeglichen werden, ohne daß dadurch eine Änderung der Position des anzusteuernenden Ventilschließgliedes auftritt. Das Ventilschließglied, die Kolben und der piezoelektrische Aktor liegen bei dem bekannten Ventil hintereinander angeordnet auf einer gemeinsamen Achse.

[0003] Nachteilig ist bei derartigen Ventilen insbesondere die große Baulänge, die sich durch die in Längsrichtung hintereinander angeordneten Kolben ergibt und bei einem geringen zur Verfügung stehenden Einbauraum sehr hinderlich sein kann.

[0004] Des weiteren besteht bei bekannten Ventilen der einleitend genannten Art der Nachteil, daß insbesondere beim Vorliegen eines Doppelsitzventils sich die Montage des Ventils selbst äußerst schwierig gestaltet.

[0005] Die beschriebenen Nachteile der bekannten Lösungen treffen vor allem auf Servoventile zur Ansteuerung von als Common-Rail-Injektoren ausgebildeten Kraftstoffeinspritzventilen zu, bei denen ein hoher Wirkungsgrad erwünscht ist sowie ein nur begrenzter Bauraum zur Verfügung steht.

#### Vorteile der Erfindung

[0006] Das vorgeschlagene Ventil zur Steuerung von Flüssigkeiten mit den Merkmalen nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, bei welchem der Stellkolben eine Sackbohrung aufweist, in welcher der Betätigungskolben die Hydraulikkammer begrenzend und verschiebbar gelagert ist, und der Betätigungskolben und das Ventilschließglied einstückig gefertigt sind, hat demgegenüber den Vorteil, daß aufgrund der gleitenden Anordnung des Betätigungskolbens in dem Stellkolben nur ein sehr kleiner Einbauraum für das Ventil erforderlich ist und daß sich dadurch, daß der Betätigungskolben und das Ventilschließglied einstückig gefertigt sind, die Montage des Ventils beträchtlich vereinfacht.

[0007] Des weiteren lassen sich mit dem Ventil nach der Erfindung die Leckverluste aus der Hydraulikkammer deutlich verringern, da durch die parallel verlaufenden Dichtspalte zwischen dem Stellkolben und dem Betätigungskolben weit weniger Flüssigkeit entweichen kann als über die zwangsläufig größeren Umfangsflächen von seriell hintereinander geschalteten Stell- und Betätigungskolben, wie bei dem vorstehend beschriebenen Ventil nach dem Stand der Technik.

[0008] Vorteilhafterweise wird der Betätigungskolben mit einem minimalen Spiel und der maximal möglichen Füh-

runslänge in der Sackbohrung des Stellkolbens geführt.

[0009] Nach einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist der Durchmesser des Ventilschließglieds größer als derjenige des Betätigungskolbens. Damit kann das Ventilschließglied, das vorzugsweise im wesentlichen zylindrisch ausgebildet ist, problemlos mit einem angrenzenden, den Ventilsitz bildenden Bauteil zusammenwirken, das eine zylindrische Bohrung hat, durch die der Betätigungskolben bei der Montage geschoben werden kann.

[0010] Um dem zu steuernden Fluid beim Öffnen des Ventilschließglieds einen möglichst geringen Strömungswiderstand zu bieten, liegt vorteilhafterweise zwischen dem Ventilschließglied und dem Betätigungskolben ein zylindrischer Bereich verringerten Durchmessers. Damit kann das zu steuernde Fluid mit geringem Strömungswiderstand in den Raum fließen, von dem der Rücklaufkanal abzweigt.

[0011] Um Leckageverluste der Hydraulikkammer auszugleichen, ist bei einer bevorzugten Ausführungsform des Ventils nach der Erfindung in dem den Betätigungskolben und das Ventilschließglied bildenden Bauteil ein Kanal zur Befüllung der Hydraulikkammer ausgebildet. Dieser zweigt vorteilhafterweise an der der Hydraulikkammer abgewandten Stirnseite dieses Bauteiles ab und führt beispielsweise als axiale Bohrung und Querbohrung in eine Ringnut, die an der Umfangsfläche des Betätigungskolbens ausgebildet ist, von wo aus über die verbleibende Dichtlänge zwischen der Ringnut und der Hydraulikkammer letztere befüllt wird. Dies führt dazu, daß in der Hydraulikkammer der Druck herrscht, der in Strömungsrichtung stromauf das Ventilschließglied herrscht.

[0012] Weitere Vorteile und vorteilhafte Weiterbildungen des Gegenstandes nach der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung, der Zeichnung und den Patentansprüchen.

#### Zeichnung

[0013] Ein Ausführungsbeispiel des Ventils zum Steuern von Flüssigkeiten nach der Erfindung ist in der Zeichnung schematisch vereinfacht dargestellt und wird in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

[0014] Die einzige Figur zeigt eine ausschnittsweise Darstellung des Ventils zum Steuern von Flüssigkeiten in Verbindung mit einem Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen im Längsschnitt.

#### Beschreibung des Ausführungsbeispiels

[0015] Das in der Figur dargestellte Ausführungsbeispiel zeigt eine Verwendung des Ventils nach der Erfindung bei einem Kraftstoffeinspritzventil 1 für Brennkraftmaschinen von Kraftfahrzeugen. Das Kraftstoffeinspritzventil 1 ist vorliegend als Common-Rail-Injektor ausgebildet, bei dem die Einspritzung von Dieseldieselkraftstoff über das Druckniveau in einem Ventilsteuererraum 2, der über eine Zulaufdrossel 3 mit einem Hochdruckraum 4 verbunden ist, gesteuert wird. Der Hochdruckraum 4 ist wiederum mit einer hier nicht dargestellten Hochdruckzufuhrleitung verbunden, welche zu einem für mehrere Einspritzventile gemeinsamen Hochdruckspeicher, einem sogenannten Common-Rail, führt.

[0016] Das Kraftstoffeinspritzventil 1 umfaßt des weiteren einen Düsenkörper 5, in dem ein Ventilsteuerkolben 6 angeordnet ist, der mit einer Düsennadel zusammenwirkt oder diese selbst darstellt. Der Ventilsteuerkolben 6 steuert eine hier nicht näher dargestellte Einspritzdüse in der Weise, daß er über den in dem Ventilsteuererraum 2 herrschenden Druck verschoben werden kann.

[0017] Der Hochdruckraum 4 umgibt den Bereich des in der Figur dargestellten Endes des Ventilsteuerkolbens 6 und

ist gleichzeitig in Richtung des entgegengesetzten Endes des Ventilsteuerkolbens 6 mit der in einen hier nicht dargestellten Verbrennungsraum der Verbrennungsmaschine mündenden Öffnung bzw. Einspritzdüse verbunden. In dem Hochdruckraum 4 herrscht im Betriebszustand der sogenannte Common-Rail-Druck, der bis zu 1,8 kbar betragen kann.

[0018] Das in der Figur dargestellte Ende des Ventilsteuerkolbens 6 ist in einer Bohrung 7 eines Federtellers 8 geführt. Des weiteren ist der Ventilsteuerkolben 6 mittels einer Feder 9 belastet, die einerseits mit dem Federteller 8 und andererseits mit einem mit dem Ventilsteuerkolben 6 verbundenen Auflager 10 verbunden ist.

[0019] In dem Federteller 8 ist der oben bereits genannte Ventilsteuerraum 2 ausgebildet, der sich an die in der Figur dargestellte, der Einspritzdüse abgewandte Stirnseite des Ventilsteuerkolbens 6 anschließt, und der über die Zulaufdrossel 3 mit dem Hochdruckraum 4 verbunden ist. In axialer Richtung des Kraftstoffeinspritzventils 1 zweigt von dem Ventilsteuerraum 2 ein Kanal mit einer Ablaufdrossel 11 ab, welcher zu einer nachfolgend beschriebenen Ventilsteuereinheit führt.

[0020] An den Düsenkörper 5 schließt sich in axialer Richtung von dem Ventilsteuerkolben 6 wegführend ein Ventilkörper 12 an, in dem eine Ventileinheit nach der Erfindung angeordnet ist und an der sich der Federteller 8 abstützt.

[0021] Der Ventilkörper 12 weist eine Bohrung 13 auf, in der ein Ventilielglied 14 axial beweglich geführt ist, das mittels eines piezoelektrischen Aktors 15 betätigbar ist. Der piezoelektrische Aktor 15 kann auf an sich bekannte Weise aus mehreren Schichten aufgebaut sein und stützt sich einerseits an einem Bereich des Ventilgehäuses ab und ist andererseits mit einem sogenannten Stellkolben 16 verbunden, welcher axial verschiebbar im wesentlichen formschlüssig in der Bohrung 13 aufgenommen ist. Mittels einer auch zum Ausgleich von Toleranzen aufgrund von Temperaturgradienten im Bauteil dienenden Hydraulikkammer 17 wirkt der Stellkolben 16 mit einem Betätigungskolben 18 zusammen.

[0022] Der Betätigungskolben 18 ist wiederum axial verschiebbar in einer sackartig ausgebildeten Bohrung 19 des Stellkolbens 16 angeordnet, wobei die Hydraulikkammer 17 zwischen der dem piezoelektrischen Aktor 15 zugewandten Stirnseite des Betätigungskolbens 18 und dem Boden der Bohrung 19 des Stellkolbens 16 angeordnet ist.

[0023] An den Betätigungskolben 18 schließt sich in Richtung des Ventilsteuerkolbens 6 über eine ringförmige Einschnürung 20 ein Ventilschließglied 21 an. Der Betätigungskolben 18 und das Ventilschließglied 21 sind einstückig gefertigt. Mithin kann durch Änderung der auf den Betätigungskolben 18 wirkenden Kraft das Ventilschließglied 21 betätigt werden.

[0024] Sowohl der Betätigungskolben 18 als auch das Ventilschließglied 21 sind im wesentlichen zylindrisch ausgebildet, wobei der Durchmesser d1 des Betätigungskolbens 18 kleiner ist als der Durchmesser d2 des Ventilschließglieds 21.

[0025] Das Ventilschließglied 21 steht in Wirkverbindung mit einem an dem Ventilkörper 12 ausgebildeten Ventilsitz 22 und trennt in Sperrstellung einen Ventilraum 23 von einem sogenannten Ablaufraum 24. Von letzterem zweigt ein zu einem Vorratstank führender Rücklaufkanal 25 ab.

[0026] Das Ventilschließglied 21 weist an seiner dem Ventilsteuerkolben 6 zugewandten Stirnseite eine Quernut 26 auf, die gewährleistet, daß bei geöffnetem Ventilschließglied 21 Fluid von der Ablaufdrossel 11 über den Ventilraum 23 zu dem Ablaufraum 24 strömen kann.

[0027] Des weiteren ist in dem das Ventilschließglied 21 und den Betätigungskolben 18 bildenden Bauteil 27 ein Ka-

nal 28 zur Befüllung der Hydraulikkammer 17 ausgebildet. Der Kanal 28 umfaßt eine axial ausgebildete Bohrung 29, die an der Stirnseite des Ventilschließglieds 21 abzweigt und in eine Querbohrung 30 mündet, die in dem der Hydraulikkammer 17 zugewandten Bereich des Betätigungskolbens 18 ausgebildet ist. Die Querbohrung 30 mündet wiederum in eine Ringnut 31, die an der Umfangsfläche des Betätigungskolbens 18 ausgebildet ist, so daß zwischen der Ringnut 31 und der Hydraulikkammer 17 ein Ringspalt mit der Dichtlänge L2 verbleibt, über den die Hydraulikkammer befüllbar ist. Der Ringspalt zwischen der Ringnut 31 und dem Ablaufraum 24 bildet eine Dichtlänge L1.

[0028] Das in der Figur dargestellte Kraftstoffeinspritzventil 1 arbeitet in nachfolgend beschriebener Weise.

[0029] In geschlossenem Zustand des Kraftstoffeinspritzventils 1, d. h. wenn keine Spannung an dem piezoelektrischen Aktor 15 anliegt, befindet sich das Ventilschließglied 21 mit dem Durchmesser d2, dem sogenannten Dichtdurchmesser, an dem Ventilsitz 22. In dieser Stellung dichtet das Ventilschließglied 21 den Ablaufraum 31 gegen den Ventilraum 23 ab. Das Ventilschließglied 21 wird mittels des über die Ablaufdrossel 11 auf die dem Ventilsteuerkolben 6 zugewandte freie Stirnfläche wirkenden Fluiddrucks  $p_s$  gegen den Ventilsitz 22 gepreßt. Der damit in dem Ventilraum 23 herrschende Druck wirkt über die Längsbohrung 29, die Querbohrung 30, die Ringnut 31 und den Ringspalt mit der Dichtlänge L2 in die Hydraulikkammer 17, so daß in letzterer ebenfalls der Druck  $p_s$  herrscht. Das Bauteil 27 befindet sich mithin im kraftausgeglichene Zustand.

[0030] Wenn das Einspritzventil 1 geöffnet werden soll, d. h. wenn die durch den Ventilsteuerkolben 6 verschlossene, hier nicht dargestellte Einspritzdüse geöffnet werden soll, wird an dem piezoelektrischen Aktor 15 eine elektrische Spannung angelegt, worauf sich dieser schlagartig in axialer Richtung, d. h. in Richtung des Stellkolbens 16 ausdehnt. Letzterer wird dadurch in Richtung des Betätigungskolbens 18 verschoben, wodurch sich in der Hydraulikkammer 17 ein Öffnungsdruck aufbaut, der wiederum den Betätigungskolben 18 in Richtung des Ventilsteuerkolbens 6 verschiebt. Zusammen mit dem Betätigungskolben 18 wird das aufgrund der einstückigen Bauweise mit diesem verbundene Ventilschließglied 21 bis ebenfalls in Richtung des Ventilsteuerkolbens 6 verfahren, bis es an dem Federteller 8 anliegt, so daß eine Verbindung zwischen dem Ventilraum 23 und dem Ablaufraum 24 hergestellt ist. In dieser Stellung des Ventilschließglieds 21 strömt sich in dem Ventilraum 23 befindlicher Kraftstoff in den Ablaufraum 24 und von diesem über die Rücklaufleitung 25 ab. Über die Ablaufdrossel 11 und die Quernut 26 des Ventilschließglieds 21 wird dadurch der Ventilsteuerraum 2 entlastet, so daß sich der Druck in demselben abbaut und sich der Ventilsteuerkolben 6 in Richtung der Ablaufdrossel 11 verschiebt, wodurch die zu dem Verbrennungsraum der Verbrennungsmaschine führende Öffnung freigegeben und unter Hochdruck stehender, in dem Hochdruckraum 4 des Kraftstoffeinspritzventils 1 enthaltener Kraftstoff in den Verbrennungsraum der Verbrennungsmaschine eingespritzt wird.

[0031] Wird nun die an dem piezoelektrischen Aktor 15 angelegte Spannung unterbrochen, so wird der Stellkolben 16 in Richtung des Aktors 15 zurückgefahren, wodurch der in der Hydraulikkammer 17 herrschende Druck gemindert wird und das aus dem Betätigungskolben 18 und dem Ventilschließglied 21 bestehende Bauteil 27 mittels des über die Ablaufdrossel 11 auf die freie Stirnfläche des Ventilschließglieds wirkende Drucks ebenfalls in Richtung des piezoelektrischen Aktors 15 verfahren wird, bis das Ventilschließglied 21 an dem ihm zugeordneten Ventilsitz 22 anliegt.

[0032] Wie sich aus den vorstehenden Ausführungen unmittelbar ergibt, erfolgt die Befüllung der Hydraulikkammer 17 direkt aus dem Ventilraum 23. Die über die Dichtlänge L1 anfallende Leckage wird direkt in den Ablaufraum 24 geleitet und von dort dem Rücklaufkanal 25 zugeführt.

[0033] Die bei Betätigung des Ventils auf den Betätigungskolben 18 auszuübende hydraulische Kraft ist durch das Verhältnis von Dichtdurchmesser d2 zu dem Durchmesser d1 des Betätigungskolbens bestimmt. Beim Ansteuern des piezoelektrischen Aktors 15 wird der Betätigungskolben 18 gegen die hydraulische Kraft über den Stellkolben 16 geöffnet.

[0034] Temperaturlängendehnungen, z. B. des Aktors oder des Halters des Einspritzventils, und Toleranzen können über die Hydraulikkammer 17 ausgeglichen werden.

[0035] Bei dem Ventil nach der Erfindung kann bei der beschriebenen Ausführungsform auf zusätzliche Kanäle zur Befüllung der Hydraulikkammer 17 verzichtet werden. Des weiteren fällt eine geringe Leckagemenge an. Auch liefert das Ventil nach der Erfindung aufgrund der einstückigen Ausführung des Bauteils 27 eine gute Montagemöglichkeit.

[0036] Es versteht sich, daß die Anwendung der Erfindung nicht auf Kraftstoffeinspritzventile beschränkt ist. Vielmehr eignet sie sich bei allen Ventilen mit einer piezoelektrischen Aktuatorik, bei denen ein Ventilschließglied einen Hochdruckbereich von einem Niederdruckbereich trennt, wie z. B. in Pumpen.

[0037] Ebenso ist die Erfindung bei einem sogenannten Doppelsitzventil, d. h. bei einem Ventil mit einem Ventilschließglied, das mit zwei Ventilsitzen zusammenwirkt, einsetzbar.

gekennzeichnet, daß in dem den Betätigungskolben (18) und das Ventilschließglied (21) bildenden Bauteil (27) ein Kanal (28) zur Befüllung der Hydraulikkammer (17) ausgebildet ist.

7. Ventil nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Kanal (28) zur Befüllung der Hydraulikkammer (17) eine axiale Bohrung (29) umfaßt.

8. Ventil nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die axiale Bohrung (29) in eine Querbohrung (30) mündet, die in dem der Hydraulikkammer (17) zugewandten Bereich des Betätigungskolbens (18) angeordnet ist.

9. Ventil nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Kanal (28) zur Befüllung der Hydraulikkammer (17) in eine Ringnut (31) mündet, die an der Umfangsfläche des Betätigungskolbens (18) ausgebildet ist.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

#### Patentansprüche

1. Ventil zum Steuern von Flüssigkeiten, mit einer insbesondere piezoelektrischen Aktor-Einheit (15) zur Betätigung eines in einer Bohrung (13) eines Ventilkörpers (12) verschiebbaren Ventiltglieds (14), welches wenigstens einen Stellkolben (16) sowie wenigstens einen Betätigungskolben (18) aufweist, der zur Betätigung eines Ventilschließglieds (21) dient, das mit mindestens einem an dem Ventilkörper (12) ausgebildeten Ventilsitz (22) zusammenwirkt, wobei zwischen dem Stellkolben (16) und dem Betätigungskolben (18) eine Hydraulikkammer (17) angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Stellkolben (16) eine Sackbohrung (19) aufweist, in der der Betätigungskolben (18) die Hydraulikkammer (17) begrenzend und verschiebbar gelagert ist, und daß der Betätigungskolben (18) und das Ventilschließglied (21) einstückig gefertigt sind.
2. Ventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Ventilschließglied (21) im wesentlichen zylindrisch ausgebildet und koaxial zu dem Betätigungskolben (18) angeordnet ist.
3. Ventil nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser (d2) des Ventilschließglieds (21) größer als der Durchmesser (d1) des Betätigungskolbens (18) ist.
4. Ventil nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Ventilschließglied (21) und dem Betätigungskolben (18) ein zylindrischer Bereich (20) verringerten Durchmessers (d3) liegt.
5. Ventil nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Ventilschließglied (21) eine freie Stirnfläche aufweist, an der eine Quernut (26) ausgebildet ist.
6. Ventil nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch

